

En Indonésie l'hévéaculture a connu un important développement par les agroforêts à hévéa, puis par les projets en monoculture à partir des années 70. Les années 90 sont caractérisées par l'acceptation des pratiques agroforestières et des recherches sur les systèmes agroforestiers à base de clones qui pourraient favoriser une adoption à large échelle des clones.

Historique des innovations techniques en hévéaculture et dynamiques paysannes en Indonésie

Penot E.

CIRAD-TERA, BP 5035, 34032 Montpellier Cedex 1, France

L'hévéa a été initialement introduit en Asie du Sud-Est pour développer une activité économique dans les colonies anglaises et néerlandaises sur un produit dont la demande industrielle est très forte. A l'origine, les plantations établies à partir de matériel végétal non sélectionné concernent les *estates* ou grandes plantations. Mais très vite, les paysans locaux vont voir dans l'hévéa une opportunité de culture très intéressante, s'intégrant bien dans les systèmes traditionnels basés sur l'agriculture itinérante. Le *jungle rubber* a eu un développement gigantesque pour finalement supplanter en surface le secteur des *estates* dès le milieu des années 30.

Comme le rappelle déjà Van Gelder en 1950 « il n'y a pas eu d'autres cultures

introduites en Indonésie qui ont eu un tel effet économique sur la situation des paysans que l'hévéa ».

Une dynamique constante de plantation a été lancée et elle ne s'est pas encore arrêtée à ce jour. Une dynamique d'innovations techniques a accompagné ce développement de l'hévéaculture.

Origine du matériel végétal introduit en Asie du Sud-Est

En 1855, Thomas Hancock (Dijkman, 1951) est le premier à suggérer la possibilité de planter de l'hévéa en Orient afin de diversifier les sources de production essentielle-

ment basées sur l'extractivisme dans les forêts amazoniennes réalisé par les *seringueiros*, collecteurs du caoutchouc qui forment une paysannerie très pauvre et exploitée.

Il s'agit pour les anglais, à l'époque maîtres du commerce international, d'une part de sécuriser sur le plan stratégique les sources de production de caoutchouc et, d'autre part, de permettre un développement économique par des plantations en Asie du Sud et du Sud Est, à l'époque territoires coloniaux. Plusieurs tentatives d'envoi de graines et de transplantation de plants en Asie échouent dans la seconde moitié du XIX^e siècle. En Indonésie, des envois sont réalisés en 1891, 1896, 1898 (via Paris), 1913 (collection Cramer) et 1915, mais aucun des arbres ne fut multiplié en raison de leurs rendements très faibles (Wysherley, 1968).

En 1876, Henry Wickham, aventurier anglais installé au Brésil, affrète un navire pour ramener 70 000 graines en Angleterre, qui seront immédiatement mises à germer en pépinière. L'année suivante, 2 397 plants survivants de la collection Wickham, dont 3,4 % seulement des graines ont germé, sont envoyés de Kew (Royaume-Uni) en Asie (Sri Lanka, Malaisie), parmi lesquels 18 arriveront au jardin botanique de Bogor (Indonésie) le 16 octobre 1876. En 1898, ces plants arrivent à maturité et produisent des graines qui sont replantées, données gratuitement ou vendues. Il semblerait que seuls deux d'entre eux aient survécu (Ferand, 1944), et soient à l'origine de plantations dans les environs de Bogor, sur l'île de Java, mais pas de celles situées à Sumatra et Kalimantan.

Les plantations indonésiennes de Sumatra et Kalimantan sont essentiellement issues de plants venus de Malaisie en 1882¹ (33 plants de la collection Wickham de Penang) et reçus dans la province de Sumatra Nord où se situe originellement le « *Rubber Estate Belt* ». Les relations importantes entre Sumatra, Singapour et la Malaisie, dont les écosystèmes sont similaires, ont également permis une introduction rapide de ces hévéas dans le reste de l'Indonésie coloniale. De même pour Kalimantan où les relations commerciales (marchands chinois) et les migrations spontanées sont déjà anciennes.

¹ En 1891, les Hollandais reçoivent de plusieurs sources du matériel d'origine incertaine, puis un nouvel envoi à lieu du Brésil en 1896, via Paris (1898). Mais ces plants ne seront ni multipliés, ni plantés.

Finalement, 99 % des plantations en Asie du Sud-Est et en Afrique proviennent directement des 22 plants asiatiques survivants introduits à partir de la collection Wickham. La plupart des clones sélectionnés actuels proviennent de cette population génétiquement réduite mais suffisante pour générer un peuplement relativement important et diversifié. Une quarantaine de clones sont actuellement utilisés à large échelle dans les plantations.

C'est exclusivement le secteur capitaliste des grandes plantations, soutenues par quelques grosses sociétés nationales, qui a contribué à l'introduction, puis au développement de l'hévéaculture pendant les 20 premières années en Indonésie. On retrouvera une situation identique au Vietnam, au Cambodge et au Sri Lanka.

En Thaïlande, en revanche, il n'y a pas de secteur « grandes plantations » et l'expansion de l'hévéa a été le fait des petits planteurs uniquement, avec un décalage dans le temps.

Durant la même période, la présence d'une maladie des feuilles liée à un champignon, le *Microcyclus ulei*, a empêché tout développement de l'hévéa en grande plantation en Amérique du Sud car il n'existe pas de moyen de lutte pour les plantations adultes². Le développement de plantations en Afrique de l'Ouest (Liberia, Côte d'Ivoire) et centrale (Nigeria, Cameroun) a commencé dans les années 50. L'Asie du Sud-Est concentrait l'essentiel de la production hévéicole, ce qui est encore vrai aujourd'hui.

Le développement des jungle rubber

En 1902, la première plantation industrielle en Indonésie est établie à Sumatra Nord, et en 1904 à Java (Bogor). En raison du développement de l'automobile, le prix du caoutchouc est alors si attractif qu'entre 1909 et 1912 (Van Gelder, 1950) les plantations se multiplient en Indonésie, et l'hévéa devient la deuxième culture en superficie derrière la canne à sucre³ (figure 1). Globalement, le prix attractif du caoutchouc se maintient jusqu'en 1922.

L'hévéa apparaît alors aussi comme une opportunité de culture très intéressante pour les petits planteurs locaux, car la plante s'insère bien dans les systèmes de

² Les efforts entrepris par le secteur privé (Ford entre autres) dans les années 20 à 40 pour l'établissement de grandes plantations au Brésil se sont soldées par des échecs cuisants. Les centres de recherche brésiliens ont produit des clones plus ou moins tolérants, à potentiel de production limité (1 000-1 500 kg/ha/an) qui autorisent un développement limité de l'hévéaculture en zone de *Microcyclus*. Il existe également des zones « *escapes* » sans *Microcyclus*.

³ En 1905, les plantations industrielles couvrent une superficie de 1 338 ha, puis 104 413 ha cinq ans plus tard, montrant ainsi le formidable développement de l'hévéa soutenu par une très forte demande. Jusqu'en 1913 cette superficie va doubler (200 278 ha), mais il faudra 12 années supplémentaires pour doubler à nouveau les superficies (415 167 ha en 1925), puis une nouvelle accélération avec plus de un million d'hectares, en 1928. La superficie des petits planteurs dépasse celle des *estates* dès 1935. En 1997, la superficie totale cultivée en hévéa atteint 3,5 millions d'hectares (DGE, 1996), dont 84 % pour les petits planteurs.

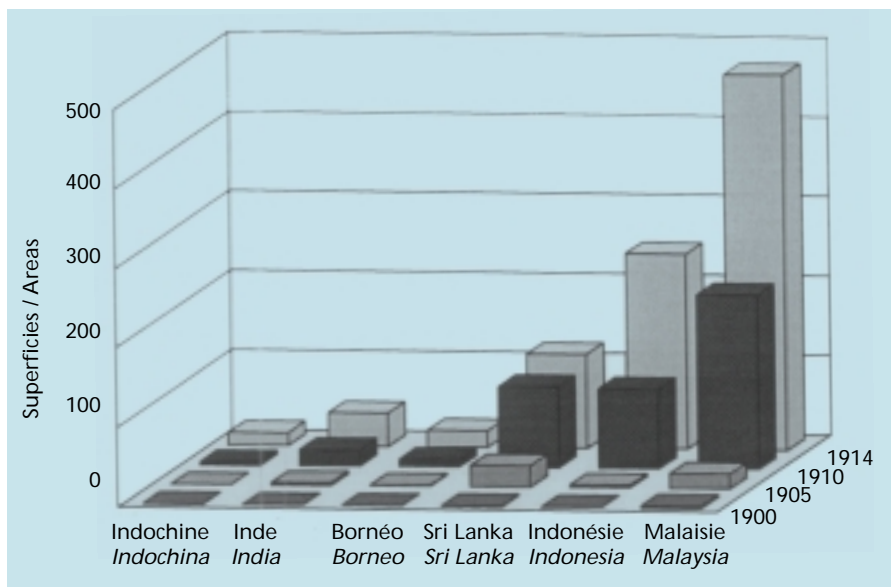


Figure 1. Développement des plantations d'hévéa en Asie du Sud-Est (en milliers d'hectares). Rubber plantation development in Southeast Asia (in thousands of hectares).

production sans modification profonde, du moins au début, des systèmes de culture basés sur l'agriculture itinérante (Dove, 1993).

En effet, l'adoption de l'hévéa s'est faite par le biais de systèmes agroforestiers, les *jungle rubber* où l'hévéa est laissé en concurrence avec la repousse de la forêt secondaire. L'exploitation des arbres et la saignée débutent 10 à 15 années après la plantation. Parallèlement, la forêt secondaire a permis la repousse d'un certain nombre d'espèces économiquement utiles : les fruitiers locaux — durian (*Durio zibethinus*), ramboutan (*Nephelium lappaceum*), duku (*Lansium domesticum*), jacquier (*Artocarpus heterophyllus*)... —, les arbres à bois de valeur, le rotin et tous les produits non-ligneux traditionnellement récoltés dans les forêts par les planteurs, en particulier par les dayaks de Kalimantan. L'agroforêt à hévéa a donc été implantée sans intrants, quasiment sans travail (pas d'entretien pendant la période immature), sans coût et surtout sans risques. Sa productivité est comparable à celle des plantations en monoculture de l'époque utilisant du matériel végétal non sélectionné (les *seedlings*) avec des rendements compris entre 350 et 500 kilos/ha/an de caoutchouc sec.

L'hévéa a été introduit en 1909 à Kalimantan Ouest par les colons hollandais (Uljee, 1925 cité par King, 1988), puis dans les années 20 par les missionnaires catholiques à partir de l'État du Sarawak (partie nord et malaise de l'île de Bornéo)⁴. En revanche, l'introduction de *seedlings* d'hévéa au Sarawak a eu lieu plus tôt, en 1883, par Cantley, le directeur du jardin botanique de Singapour, pour satisfaire l'intérêt du « Rajah blanc », Sir Brooke, pour cette nouvelle culture (Coates, 1987). Les plantations de Kalimantan proviennent principalement des graines de Malaisie, elles aussi issues de la collection Wickham, introduites via le Sarawak par les missionnaires pour les petits planteurs. A Sumatra, les graines d'hévéa viennent de Bogor et de Penang. Les sociétés de plantations se sont initialement développées à Sumatra Nord, le berceau historique de l'hévéaculture de grandes plantations en Indonésie. Le développement de l'hévéaculture dans les provinces de Jambi et de Sumatra Sud est le fait des petits planteurs.

Le même système de *jungle rubber* a donc été développé par les populations malayu et minangkabau, respectivement à Jambi et Sumatra Ouest, puis par les dayaks à Kalimantan. Un front pionnier continu s'est développé et est toujours actif aux marges des bassins traditionnels de développement de l'hévéa que sont les grandes plaines autour des principaux fleuves.

Les grandes plantations ont créé l'innovation : une nouvelle culture, l'hévéa, et un nouveau produit, le caoutchouc. Sa diffusion a été rapide en raison de la simplicité de mise en culture et de la grande disponibilité de matériel végétal non sélectionné, les graines ramassées dans les plantations ayant un coût nul.

Les facteurs déterminants de cette forte expansion du secteur des petits planteurs, relativement commune dans les zones de tropiques humides, sont ceux d'un front pionnier en constante évolution. Trois conditions majeures interviennent dans la constitution d'un front pionnier : des terres vierges en quantité illimitée (donc sans prix), un réservoir de main-d'œuvre permettant l'immigration (Java) et une « opportunité de culture », l'hévéa, soutenue par un marché sûr et fiable. On peut y ajouter un quatrième : le facteur « rente-forêt » (Ruf, 1987) qui permet l'établissement d'une culture pérenne au meilleur coût et dans les meilleures conditions.

Le gouvernement colonial n'a pas réalisé l'importance de cette dynamique des petits planteurs jusqu'à ce que les plantations paysannes entrent en production et que le caoutchouc commence à inonder le marché.

Les politiques agricoles en Indonésie et leur influence sur la filière du caoutchouc

Les effets de la politique anglaise de contingentement de la production dans l'entre-deux-guerres

En 1922 le prix du caoutchouc chute après une période de très hauts prix du fait des productions des premières plantations. Le gouvernement britannique vote le « Rubber Restriction Enactment », ou Plan Stevenson : une tentative de limitation de la production pour maintenir des cours raisonnables qui ne touchent en fait directement que les *estates* (plantations industrielles) dans les colonies britanniques. L'une des



Photos 1 et 2.
Pisifera élagués, station de La Mé, 1998.
Pruned pisiferas, La Mé station, 1998.



conséquences importantes indirectes du Plan Stevenson est de favoriser le développement des petites plantations paysannes qui ne sont pas contrôlées ni visées par le plan, en particulier en dehors de la zone de production anglaise. Les petits planteurs apparaissent pour les *estates* comme des concurrents qui tentent de leur appliquer un quota d'exportation limité.

En réalité, les estimations des productions et surfaces des petits planteurs semblent avoir été sérieusement sous-estimées à cette époque (Bauer, 1948). La dynamique de plantation paysanne ne semble aucunement affectée par les restrictions de production du plan. Les prix vont ensuite remonter, exprimant une très forte demande due à la croissance du secteur automobile et des transports.

Mais, dans le même temps, les plantations paysannes se développent rapidement en Asie du Sud-Est ainsi que d'autres plantations industrielles qui sont établies en Asie du Sud (Inde, Sri Lanka), en Indochine et en Afrique au Liberia (Firestone). Le Plan Stevenson est considéré comme inefficace et est finalement abandonné en 1928. Il aura toutefois réussi à assurer indirectement la multiplication des petites plantations et à favoriser le développement de l'hévéaculture dans les pays voisins de la

Malaisie britannique (Thaïlande, Indonésie, Cambodge et Vietnam).

La politique hévéicole gouvernementale indonésienne

Les politiques de ce secteur durant la période 1920-1950 en Indonésie sont paradoxales : d'un côté, les petits producteurs apparaissent comme concurrents d'une industrie coloniale, de l'autre, le courant dit « humaniste », à connotation plutôt anti-coloniale, implique le gouvernement dans la distribution de plants ou d'intrants aux planteurs à travers des actions très localisées et à petite échelle (Gouyon, 1995). Dove (1983) a développé une hypothèse séduisante sur la « politique de l'ignorance » où finalement un pan entier de l'économie hévéicole — le secteur des petits planteurs — est laissé à lui-même et se développe sans aucune aide extérieure, en particulier gouvernementale.

Les actions des gouvernements, tant coloniaux qu'après l'Indépendance, effective en 1949, sont alors extrêmement limitées et non significatifs jusqu'au début des années 70.

En 1925, le caoutchouc représente le tiers des exportations indonésiennes. En 1936, la superficie des plantations d'hévéa en Indonésie est de 1 357 427 hectares,

et avant la Seconde Guerre mondiale leur production annuelle est de 400 000 à 500 000 t⁵. En 1997, la superficie est de 3,5 millions d'hectares et la production de 1,6 million de tonnes. Jusqu'à cette date l'Indonésie est le second pays producteur de caoutchouc derrière la Thaïlande et ce produit reste la seconde exportation non pétrolière du pays après les produits du bois.

Les prix sont sujets à de grandes fluctuations, mais la production et les surfaces plantées augmentent inexorablement depuis l'introduction de l'hévéa en Asie (figure 2).

L'apparition du caoutchouc synthétique pendant la Seconde Guerre mondiale

La Seconde Guerre mondiale coupe l'Europe et les Etats-Unis de leurs approvisionnements en Asie, ce qui contribue à développer l'industrie du caoutchouc synthétique. De par son utilisation dans les transports, et en particulier pour l'aviation qui devient la nouvelle « force de frappe » des belligérants, le caoutchouc devient un produit hautement stratégique. Les Etats-Unis tentent de remédier à la pénurie de caoutchouc par le développement de plantations de guayule⁶ au Mexique et dans les Etats du

⁵ En 1940, on compte 642 803 ha pour le secteur des *estates* et 714 624 ha pour le secteur des petits planteurs (53 %). En considérant une force de travail de 0,7 homme/ha dans les *estates*, et 0,5 homme/ha pour les petits planteurs, plus de un million de personnes travaillent dans les plantations d'hévéa. Si chaque travailleur nourrit une famille de cinq personnes, plus de cinq millions de personnes dépendent alors directement de la culture de l'hévéa. On considère que la filière fait vivre plus de 10 millions de personnes en 1995.

⁶ Le guayule est une plante à latex, *Parthenium argentatum*, qui pousse en climat aride ou de type sahélien.

⁷ Le caoutchouc naturel possède des caractéristiques technologiques de résistance à l'échauffement que n'a pas son homologue synthétique. Par conséquent le marché des pneumatiques, qui nécessite des caoutchoucs résistants à la chaleur et aux chocs, absorbe près de 70 % de la production. Le développement continu des transports depuis les années 50 a donc permis une demande soutenue et continue.

⁸ Durant les années 50, puis 60, ces deux pays ont subi une importante guérilla de type communiste (où la diaspora chinoise a joué un rôle non négligeable, surtout en Malaisie). Il était donc primordial pour ces Etats d'avoir une politique de développement qui permette une augmentation importante des revenus pour déconnecter les populations locales des guérillas.

⁹ Projet ORRAF (Office of the Rubber Replanting Aid Fund) en Thaïlande, RISDA (Rubber Industries Smallholder Development Authority), FELDA (Federal Land Development Authority) et FELCRA (Federal Land Rehabilitation Authority) en Malaisie.

¹⁰ Une exception notable, cependant, avec le problème de la guerre larvée entre la Malaisie et l'Indonésie, la « Konfrontasi », entre 1963 et 1966, dont la majorité des combats a eu lieu dans la province de Kalimantan Ouest. Cette situation a abouti au départ forcé de tous les indonésiens d'origine chinoise de l'intérieur des terres vers la côte. Elle n'a cependant pas créé de tensions sociales entre ethnies puisque les malais (et maintenant les chinois) sont sur la côte, et les dayaks, habitants originels de l'île, sont dans l'intérieur des terres.

¹¹ Cette taxe est de 1,25 % sur le prix export en supplément d'une taxe générale de 5 %, dont 60 % seulement vont au fonds de replantation. En 1953, une association (yayasan karet rakyat) est créée pour coordonner la gestion des fonds. Cette fondation fonctionne sur une base de prêt remboursable dans les trois premières années (pour une superficie minimale de 3 ha) et ce fonds ne permet de replanter que 6 000 ha. Il est donc anecdotique par rapport aux besoins, qui s'élèvent à plus de 2 millions d'hectares, et son utilisation a été douteuse (nombreuses fraudes et corruption).

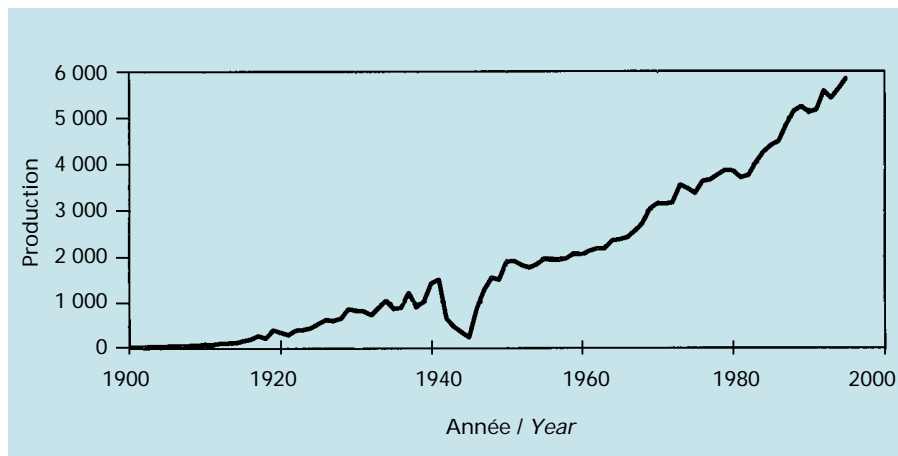


Figure 2. Production de caoutchouc naturel de 1967 à 1995 (en milliers de tonnes).
Natural rubber production from 1967 to 1995 (in thousands of tonnes)

Sud (plus de 40 000 hectares seront plantés à partir de 1942). Mais cet effort restera vain devant les immenses besoins industriels.

Cette nouvelle industrie reste la principale menace pour le caoutchouc naturel après la fin de la guerre, et plusieurs années sont nécessaires pour relancer la production de caoutchouc naturel. La production des *estates* rattrape son niveau d'avant-guerre en 1952-1954. La production paysanne indonésienne va alors connaître un formidable élan du fait d'une demande structurelle soutenue⁷. Dans le même temps, des crises conjoncturelles amènent des fluctuations de prix souvent importantes qui n'auront visiblement pas d'influence sur le rythme des plantations sur le long terme.

¹² Un cadre pour 5 000 planteurs soit 570 employés, dont 170 de terrain, pour 800 000 exploitations. Le budget pour le matériel est de 3 à 6 roupies, soit 2 plants greffés, par planteur (Gouyon, 1995).

L'après-guerre : priorité à l'auto-suffisance alimentaire

Il est important de noter que l'après-guerre en Indonésie, tant pendant la période Sukarno (1949-1966) que pendant la première partie de la période Suharto (1965-1970), ne voit pas de grande politique de développement national de réhabilitation ou de replantation de l'hévéa en Indonésie, comme cela est le cas en Malaisie et en Thaïlande. En effet, pour des raisons de politique interne⁸, ces deux pays ont protégé les droits fonciers des planteurs et fourni une assistance technique à une très grande échelle, en particulier par la fourniture de matériel végétal clonal.

La Malaisie et la Thaïlande ont lancé des projets nationaux de replantation⁹ quasi totale des *jungle rubber* initiaux en monoculture clonale (avec plus de 80 % des plantations villageoises). Rien de tout cela en Indonésie puisque aucune guérilla ne vient menacer l'équilibre social local¹⁰, à l'exception d'une tentative de guerre avec la Malaisie (la Konfrontasi) qui ne débouche pas

cependant sur une guérilla. La période 1945-1949 est celle d'une guerre limitée pour l'indépendance. Puis la période 1949-1965, la « période Sukarno », est celle d'une lente décomposition de l'économie indonésienne. En effet, en 1965 plus de 50 % de la population est en dessous du seuil de pauvreté et l'isolement de l'Indonésie, voulu par Sukarno, a asséché l'apport net de capitaux des pays de l'Ouest, nécessaire à toute expansion industrielle et économique.

Les actions du gouvernement indonésien sur la filière durant les années 50 sont la mise en place d'un fonds de replantation à base para-fiscale¹¹, fondé en 1948 mais effectif en 1951, et la création d'un département des plantations paysannes pour la vulgarisation en 1953 (*Jawatan Karet Rayat*) qui remplace le bureau du caoutchouc (*Kantor Karet*), créé en 1950 avec des moyens dérisoires¹².

L'échec d'une telle politique a semblé-t-il marqué durablement les esprits (Gouyon, 1995) et ce type de pratique, utilisant une taxe à l'exportation, a été pratiquement

Tableau 1. Relations historiques entre l'Etat indonésien et les petits planteurs.
Historical relations between the Indonesian government and smallholders.

Date	Action GOI / GOI intervention	Résultats / Results
1870	Agrarian Act : les jachères sont considérées comme terre d'Etat <i>Fallow is considered as state-owned land</i>	Augmentation des plantations pérennes : l'arbre donne un droit d'usufruit sur le long terme / <i>Increase in tree crop planting: trees give long-term land ownership rights</i>
1910-1943	Le GOI décide de limiter la collecte de latex par extractivisme (<i>gutta percha</i>) par les petits planteurs pour protéger les grandes plantations / <i>The GOI decides to limit latex collection by extraction (gutta percha) by smallholders to safeguard estates</i>	Augmentation très rapide et soutenue des plantations d'hévéa : d'abord des grandes plantations, puis, très vite, des plantations paysannes / <i>Very rapid, rubber plantation expansion: firstly estates, then, very rapidly, smallholdings</i>
1935-1944	Le GOI taxe les exportations de caoutchouc des petits planteurs <i>The GOI taxes smallholder rubber exports.</i>	Augmentation de la production pour compenser le surcoût <i>Increase in production to compensate for increased cost.</i>
1951-1983	Pas d'actions significatives sur les petits planteurs. Aide aux grandes plantations par le secteur de la recherche <i>No significant intervention in the smallholder sector. The research sector supports estates</i>	Passage des petites plantations de 64 à 84 % <i>Smallholdings increase from 64 to 84%.</i>
1980-1990	Promotion des projets de développement NES (pour les trans migrants), puis des projets SRDP et TCSDP pour les paysans locaux / <i>Promotion of NES projects (for transmigrants) and SRDP/TCSDP projects for local smallholders</i>	Les producteurs essaient de limiter leur perte d'autonomie dans ces projets, en particulier les NES / <i>Smallholders try to limit their loss of autonomy in projects, in particular for NES</i>
1990-1998	Le GOI promeut les cultures à marché plus restrictif : orange, café, girofle / <i>The GOI promotes crops with a more limited market: oranges, coffee, cloves</i>	Les producteurs abandonnent les cultures dont les prix baissent trop (girofiles, oranges...) / <i>Producers abandon crops for which prices are too low (cloves, oranges, etc)</i>
1998	Le directeur des plantations passe sous contrôle du ministère de la forêt. Reconnaissance implicite des agroforêts comme système de culture viable / <i>The Directorate of Estates is transferred to Ministry of Forestry control. Implicit recognition of agroforests as a viable cropping system</i>	Expérimentation en milieu paysan des techniques RAS. Développement des approches partielles / <i>Trials of RAS techniques in the smallholder sector. Development of partial approaches</i>

Sources : Barlow (1996) et Penot (com. pers.).

GOI : *Government of Indonesia* (Gouvernement indonésien)

NES : *Nucleus Estate Scheme* (Modèle de développement pour petits planteurs autour d'une grande plantation)

RAS : *Rubber Agroforestry Systems* (Systèmes agroforestiers à base d'hévéa)

SRDP : *Smallholder Rubber Development Project* (Projet de développement hévéicole pour petits planteurs)

TCSDP : *Tree Crop Smallholder Development Project* (Projet de développement de petits planteurs de cultures pérennes)

banni des actions envisageables en Indonésie. La dernière expérience en date, localisée sur la province de Kalimantan Ouest en 1993, par le projet PKR-GK, lancé par le GAPKINDO (association des professionnels du caoutchouc) et réalisée par le DISBUN (service de vulgarisation des plantations), a été un échec cuisant.

Finalement, c'est la politique de crédit total qui sera utilisée dans les projets des années 80, financés par la Banque mondiale ou l'Asian Development Bank.

Depuis 1966, la priorité a clairement été centrée sur l'autosuffisance alimentaire. On peut estimer que la révolution verte en Indonésie a été un succès. Elle a cependant concentré tous les moyens sur la riziculture irriguée jusqu'en 1984.

Le tableau 1 résume les actions du gouvernement indonésien sur la filière hévéa et les réactions des planteurs.

L'optimisation du *jungle rubber* : les limites de l'innovation endogène

Les *jungle rubber* ou « forêts à hévéa » (traduction littérale de l'indonésien *Hutan Karek*) sont des systèmes agroforestiers complexes (De Foresta, 1992b) où l'hévéa constitue la principale source de revenu. Une agroforêt complexe est une plantation d'espèces multiples (par exemple, hévéa, fruitiers, arbres à bois, rotin, palmiers...) de type multistrate, possédant un faciès et un comportement écologique proche de celui de la forêt secondaire. Une agroforêt est généralement constituée par une espèce principale (hévéa, damar ou *Shorea javanica*, tengkawang ou *Illipe-nut*...).

La durée de vie de l'agroforêt à hévéa est de 30 à 40 ans. Les autres arbres associés sont essentiellement des espèces à fruits et à bois, et le rotin. L'établissement des *jungle rubber* a pu progressivement s'intégrer dans des systèmes traditionnels fondés sur la collecte, l'agroforêt ou l'agriculture itinérante (riz pluvial sur brûlis) sans perturber brutalement les systèmes de production.

L'origine de l'agroforêt à hévéa est un enrichissement d'une jachère arborée en hévéa. A travers un processus d'optimisation du système par une série d'innovations endogènes, la jachère améliorée a donné naissance à un véritable système de culture fondé principalement sur l'hévéa. Un certain nombre d'innovations techniques ont permis de mieux valoriser la composante hévéa de l'agroforêt. Ces innovations, déve-

loppées progressivement entre les années 40 et les années 70, sont les suivantes :

- utilisation des graines clonales, par rapport aux graines traditionnelles non sélectionnées, en fonction du développement des plantations clonales à partir des années 30 (en particulier les graines de GT 1, le clone le plus répandu dans les plantations privées ou gouvernementales). Les rendements passent de 300-350 kg/ha/an à 500 kg/ha/an ;
- plantation de semenceaux (plants de 12 ou 18 mois non racinés) et de jeunes plants issus de repousses en agroforêt pour limiter les pertes et optimiser le nombre de plants à l'hectare ;
- plantation en ligne avec des densités de plantation comprises entre 500 et 1 000 arbres/ha pour optimiser la collecte du latex, à partir du début des années 70. Au fur et à mesure que la plantation se fait en lignes et avec des semenceaux et non plus des graines, le nombre de plants par hectare diminue également pour atteindre des densités de 500 et 750 arbres/ha ;
- passage à un nettoyage partiel par an en période immature pour éliminer une partie de la compétition forestière, afin de limiter la durée de cette période immature, et sélection améliorée des arbres économiquement intéressants, à partir de 1970-1980 par la coupe partielle des espèces non productives ;
- développement des cultures intercalaires pendant les 2 ou 3 premières années pour mieux valoriser le travail de la période immature, obtenir une production vivrière pour l'autoconsommation ou valoriser un foncier limité. De plus, une conséquence indirecte intéressante des cultures intercalaires est la bonne croissance des hévéas. Enfin, les cultures intercalaires permettent de limiter les cultures sur brûlis et le travail traditionnellement investi dans la défriche. Cette technique est peut-être très ancienne, mais son développement n'est visible que depuis la fin des années 80 ;
- utilisation du glyphosate (Roundup), herbicide très efficace contre *Imperata cylindrica*, la première année et, quelquefois, parcimonieusement le long des lignes d'hévéas, pour limiter cette adventice et réduire la durée de la période immature, depuis le début des années 90. Si l'innovation technique en elle-même est exogène, son utilisation spontanée, hors projet, sur une large échelle, sans information technique préalable des services de vulgarisation,

peut être considérée une innovation endogène.

On a également constaté que, à partir des années 80, parmi les planteurs ayant eu accès par le biais de projets à la technique de la monoculture, certains ont réintroduit les arbres associés — entre 150 et 300 arbres à bois et à fruits par hectare, comme dans le village de Sanjan à Kalimantan Ouest (Schueller *et al.*, 1997) — recréant ainsi, à terme, des agroforêts complexes. L'innovation n'est donc pas le propre des planteurs de *jungle rubber* mais aussi celui des planteurs en projet, en particulier pour les projets SRDP (*Smallholder Rubber Development Project*) et TCSDP (*Tree Crop Smallholder Development Project*) avec les planteurs locaux, en nombre limité cependant. En effet on n'observe pas cette tendance avec les paysans javanais en transmigration (*Nucleus Estate Scheme*, NES) (Chambon, comm. pers.).

Les stratégies paysannes différenciées peuvent s'expliquer par l'hypothèse suivante :

- les populations locales sont plus enclines aux techniques agroforestières ;
- les populations javanaises qui ont transmigé sont plus enclines à l'intensification et à la monoculture.

Il n'est pas assuré que cette hypothèse soit vérifiée. Dans tous les cas, les pratiques agroforestières ont été adoptées par des populations aussi différentes que géographiquement éloignées, à partir du moment où ces pratiques permettaient une implantation de systèmes culturels de type pérenne à moindre risque et avec moins d'intrants et de travail.

La « production d'innovations techniques endogènes » par les populations locales dans les *jungle rubber* a atteint un point optimal dans les années 80. A partir de cette date, une introduction d'innovations exogènes est devenue nécessaire pour obtenir une meilleure productivité (rendement et productivité du travail), plus compétitive, en particulier face aux nouvelles cultures telles que le palmier à huile.

Ces innovations exogènes sont issues du système technique de type « monoculture » et concernent :

- l'emploi de matériel végétal amélioré, les clones, avec un potentiel de production triple de celui du matériel local utilisé en *jungle rubber*, et aussi l'emploi de matériel végétal à potentiel de croissance forte, sélectionné en pépinière pour sa vigueur ;
- l'usage de fertilisants pendant les trois premières années pour favoriser la crois-

sance et réduire la période immature à cinq ou six ans selon les clones — au lieu de 10 ou 15 ans en *jungle rubber* —, mais cette durée est essentiellement due à des problèmes de compétition avec la repousse forestière ;

- l'usage d'herbicide (glyphosate) pour améliorer la productivité du travail et l'efficacité des désherbages de façon raisonnée et régulière, pendant les trois premières années, sur la ligne de plantation, en remplacement ou en complément des désherbages manuels, peu efficaces contre *Imperata cylindrica* ;
- des méthodes de plantation dans lesquelles on utilise des plants en sacs (*polybags*), avec un étage de végétation (trois à quatre mois), et où la plantation a lieu en début de saison des pluies pour favoriser au maximum la croissance pendant les six premiers mois, en particulier pour les systèmes agroforestiers.

Dans l'histoire de l'agriculture, l'usage de variétés améliorées occupe une place prépondérante et constitue souvent un préalable dans la révolution des techniques. La variété améliorée implique l'adoption d'innovations techniques associées : la fertilisation, le travail du sol, l'entretien, les traitements phytosanitaires... L'amélioration des *jungle rubber* passe par l'adoption de matériel végétal amélioré, les clones, qui génère une meilleure productivité (du travail et du sol). Cette innovation reste très contraignante en terme de besoin en capital

d'investissement. De plus, elle nécessite une information technique préalable.

Historiquement, les principales recherches techniques menées sur l'hévéa par les instituts ou les grandes compagnies privées l'ont été en vue d'améliorer la productivité de l'hévéa en monoculture. Avant les années 80, peu ou pas de recherches ont été véritablement orientées sur les problèmes spécifiques de la production par les petits planteurs et sur l'agroforesterie, excepté peut-être au Sri Lanka.

Introduction des clones par la monoculture : les années 70-80

Depuis le milieu des années 70, l'Etat a tenté de développer diverses formes de projets de développement sectoriel de l'hévéa avec des formules adaptées pour les populations locales ou pour celles en transmigration. Tous ces projets s'appuient sur des paquets technologiques complets (intrants, crédit, information) strictement fondés sur la monoculture (hévéa et plantes de couverture). L'élément essentiel de ce paquet est le clone et toutes les innovations associées consistent à optimiser sa croissance et sa production.

Plus récemment, depuis 1990, certains projets régionaux en approche partielle (P2WK, PKT...), ne fournissant que les intrants pour la première année, ont pris le relais sur des superficies très limitées avec autorisation de cultures intercalaires. Cela a été aussi le cas du projet TCSDP en 1994. Ces projets sont généralement réalisés par le Dinas Perkebunan (service de vulgarisa-

tion des plantations) sur fonds provinciaux ou nationaux du gouvernement indonésien. L'ensemble des projets touche 13 % des paysans. Probablement moins de la moitié de leurs plantations sont viables ou productrices. On peut parler de succès relatif pour les projets SRDP/TCSDP — pour les populations locales — et les NES — adaptés aux javanais en transmigration. Les conditions d'échec ou de succès ont été décrites par Gouyon (1995) et Levang (1997). Le tableau 2 propose un historique des projets.

La tendance de l'évolution des systèmes de production observée à Sud Sumatra est l'investissement dans les plantations clones, puis l'arrêt des cultures pluviales de défriche et l'achat, à terme, de la totalité du riz nécessaire à la famille¹³. La plus forte productivité du travail pour l'hévéa, la rarefaction de la terre, la spécialisation en hévéaculture, et les risques importants des cultures annuelles sèches induisent un changement de stratégie à terme.

Introduction des clones dans les systèmes agroforestiers

Les *Rubber Agroforestry Systems*

L'identification de systèmes hévéicoles performants, requérant des niveaux moyens de travail et d'intrants, et durables sur le plan écologique, est une priorité. Depuis la caractérisation des systèmes de production basés sur les *jungle rubber* (Gouyon, 1995) cette priorité porte sur les possibilités d'améliorer la productivité des *jungle rubber* tout en maintenant leurs principaux avantages en termes d'environnement, de biodiversité et d'optimisation des facteurs capital et travail. Les *Rubber Agroforestry Systems* (RAS) sont des systèmes de culture agroforestiers à base d'hévéa développés par le *Smallholder Rubber Agroforestry Project* (SRAP) fondé sur l'introduction des clones améliorés au sein de systèmes à faibles intrants (Penot, 1994).

Les principales innovations des RAS pendant la période de croissance, dite immature, sont les suivantes :

- l'utilisation de matériel végétal amélioré, les clones, dans un contexte agroforestier ;
- la reconstitution d'un système agroforestier complexe par l'introduction d'un certain nombre d'arbres associés à l'hévéa, comprenant des fruitiers et des arbres à bois à croissance lente ou rapide. Les recherches portent sur les types

¹³ Le riz est produit sur les îles de Java et Bali à un coût moindre profitant nettement d'avantages comparatifs pour le riz irrigué à Java (révolution verte réussie) et l'hévéa à Sumatra et Kalimantan.

Les projets de développement de l'hévéa sont les suivants : ARP (*Assisted Replanting programme*) et CGC (*Group Coagulating Center*) en 1974, regroupés sous le sigle PRPTE (Projet de réhabilitation des cultures d'exportation, ou *Proyek Rehabilitasi dan Perluasan tanaman Elspor*). Ce projet est basé sur le concept des PMU (*Project Management Unit*). Ce concept sera repris pour les SRDP (*Smallholder Rubber Development Project*), puis, à partir de 1979, les NES (*Nucleus Estate Scheme*, ou *PIR en indonésien*) en transmigration et les SRDP/TCSDP (*Tree Crop Smallholder Development Project*), les deux principaux projets financés par la Banque mondiale, pour la paysannerie locale. En fait, le SRDP 1 (1980-1984), puis le SRDP 2 (1985-1989) seront directement gérés par le DGE (*Directorate General of Estates*), qui gère aussi les PTP (*Perkebunan Tanaman Pemerintah* : plantations gouvernementales). A partir de 1990, le TCSDP sera géré par le DISBUN (*Disbun Perkebunan* : service de vulgarisation), qui dépend aussi du DGE. Le TCSDP s'arrête en 1999.

En 1975, deux projets précurseurs des PMU, le WSSDP (*West Sumatra Smallholder Development Project*) et le NSSDP (*North Sumatra Smallholder Development Project*), sont lancés à Sumatra Ouest et Sumatra Nord. Leur analyse (Dillon, 1985) a servi en partie à établir le concept des NES. A la suite de ces deux projets indépendants, il fut décidé de confier les PMU à deux structures gouvernementales : les PTP pour les NES en transmigration et le DISBUN pour les SRDP/TCSDP.

Tableau 2. Historique des projets. / *Project history.*

Projets	1970	1980	1990	1994	1996	1997-1998
Projets initiaux <i>Initial projects</i>	WSSDP et / <i>and</i> NSSDP ARP et / <i>and</i> GCC PRPTE PIR	Fin WSSDP et NSSDP / <i>End of</i> WSSDP <i>and</i> NSSDP Fin PRPTE / <i>End of</i> PRPTE		Fin des PIR <i>End of PIR</i>		
Projets banque mondiale <i>World Bank projects</i>	NES	SRDP (PMU)	Fin SRDP / <i>End of</i> SRDP TCSDP (PMU)	Fin des NES <i>End of NES</i>		Fin TCSDP / <i>End of</i> TCSDP Crise économique / <i>Economic crisis</i>
Approche partielle <i>Partial approach</i>			P2WK APBD PKR-GK (1993)			
Projet de recherche <i>Research project</i>				Début du SRAP <i>Start of SRAP</i>		
Projets palmier à huile <i>Oil palm projects</i>			NES		PIR/Privés <i>PIR/Private</i> <i>entrepreneurs</i>	
Etudes socio-économiques et enquêtes sur les exploitations agricoles <i>Socioeconomic studies</i> <i>and farming systems</i> <i>surveys</i>		Etude filière <i>Sectorial study</i> (Barlow and Dillon)	Etude des systèmes de production à Sumatra Sud <i>Study of</i> <i>farming systems</i> <i>in South</i> <i>Sumatra</i> (Gouyon)	Choix des planteurs et des sites SRAP <i>Choice of SRAP</i> <i>growers and sites</i> Enquête ASB <i>ASB survey</i>		Etude des systèmes de production à Kalimantan, Jambi et West Sumatra, Projet SRAP / <i>Study of</i> <i>farming systems in</i> <i>Kalimantan, Jambi</i> <i>and West Sumatra,</i> <i>SRAP project</i>
Projet SRAP <i>SRAP project</i> Essais RAS <i>RAS trials</i>				Première série : essais d'observation et de mise au point des concepts RAS 1, RAS 2, RAS 3 / <i>First</i> <i>set: trials for</i> <i>observation and</i> <i>development of RAS 1,</i> <i>RAS 2 and RAS 3</i> <i>concepts</i>	Seconde série d'essais revus et négociés, plus opérationnels <i>Second set</i> <i>of revised,</i> <i>negotiated,</i> <i>more operational</i> <i>trials</i>	Début des essais de mise en exploitation des parcelles RAS à Kalimantan <i>Start of RAS</i> <i>tapping trials</i> <i>in Kalimantan</i>
Vision gouvernementale du développement <i>Government view</i> <i>of development</i>	<ul style="list-style-type: none"> NES liés aux projets de transmigration <i>NES linked to</i> <i>transmigration</i> <i>projects</i> Approche partielle <i>Partial approach</i> (ARP, GCC) Début des PMU. Approche très directive. Echec relatif des premiers projets / <i>Start of</i> <i>PMU. Highly directive</i> <i>approach. Relative</i> <i>failure of first projects</i> 	SRDP pour les paysans locaux : projets avec crédit complet basé sur la monoculture <i>SRDP for</i> <i>local farmers:</i> <i>projects</i> <i>with total</i> <i>credit,</i> <i>based on</i> <i>monoculture</i>	Premiers projets d'approche partielle pour les paysans locaux <i>Initial partial</i> <i>approach</i> <i>projects for</i> <i>local farmers</i>			

APDB : *Local fund partial approach project* (Projets de développement locaux)ARP : *Assisted Replanting Programme* (Programme d'assistance à la replantation)ASB : *Alternatives Slash or Burn* (Alternatives à l'agriculture itinérante)GAPKINDO : Association indonésienne des professionnels du caoutchouc/*Indonesian rubber professionals' organization*GCC : *Coagulating Group Centre* (Projets autour de « Groupes de coagulation », groupes paysans)NES : *Nucleus Estate Scheme* (Modèle de développement pour petits planteurs autour d'une grande plantation)NSSDP : *North Sumatra Smallholders Development Project* (Projet de développement des petits planteurs de Sumatra Nord)P2WK : *Pengembangan Perkebunan di Wilayah Khusus* (Projets régionaux de développement/*Regional development projects*)PIR : *Proyek Inti Raya* (équivalent à NES/*Equivalent of NES*)PKR-GK : *Proyek Karet Replantasi-GAPKINDO* (Projet de replantation hévéicole GAPKINDO/*GAPKINDO rubber replanting project*)PRPTE : *Proyek Rehabilitasi Perkebunan Tanam Ekspor* (Projet de réhabilitation des cultures d'export/*Export crop rehabilitation project*)SRAP : *Smallholder Rubber Agroforestry Project* (Projet de recherche sur l'amélioration des agroforêts à hévéa pour les petits planteurs)SRDP : *Smallholder Rubber Development Project* (Projet de développement hévéicole pour petits planteurs)TCSDP : *Tree Crop Smallholder Development Project* (Projet de développement de petits planteurs de cultures pérennes)WSSDP : *West Sumatra Smallholder Development Project* (Projet de développement des petits planteurs de Sumatra Ouest)

d'arbres et sur les densités de plantations optimales pour limiter les phénomènes de compétition. Ces arbres associés proviennent soit de la repousse naturelle, soit d'une plantation délibérée avec un choix d'espèces et de densité de plantation ;

- l'introduction de niveaux minimaux d'entretien : désherbages chimiques ou manuels ou, mieux, combinés ;
- le recours à une fertilisation raisonnée pour favoriser la croissance des hévéas pendant les trois premières années (période jugée la plus critique) et maintenir la production des espèces annuelles en cultures intercalaires ;
- enfin, l'emploi d'un certain nombre de techniques de culture qui utilisent des plantes de couverture et des arbres d'ombrage à croissance rapide pour limiter la concurrence de *Imperata cylindrica* et produire de la pâte à papier.

Une nouvelle innovation : la saignée à fréquence réduite

Cette innovation technique porte sur la période de production et le mode d'exploitation des clones.

Les plantations paysannes, clonales ou en *jungle rubber* avec du matériel végétal non sélectionné, sont actuellement saignées en d/2, soit tous les deux jours. L'usage d'un produit de stimulation à base d'Éthrel permet de réduire cette fréquence de saignée et donc d'augmenter la productivité du travail tout en conservant un niveau semblable de production. On obtient par exemple une baisse de 33 % en travail en d/3 et de 50 % en d/4 pour des baisses respectives de production de 0 % et 10 %, avec du matériel clonal (Eschbach, comm. pers.).

Cette innovation technique est fréquente en plantation industrielle. Elle reste peu utilisée par les petits planteurs en Asie du Sud-Est. Les services officiels de vulgarisation considèrent cette méthode comme

¹⁴ Le coût de la main-d'œuvre en plantation, que l'on peut considérer comme coût d'opportunité en zone rurale, était en juillet 1997 (avant la crise) de 1,5 \$US/jour en Indonésie pour 6-8 \$US en Malaisie (et 4 à 6 \$US en Thaïlande). En août 1999, il est de 1 \$US en Indonésie.

¹⁵ Seules les provinces de Sumatra Nord et Sumatra Sud ont un réseau de pépiniéristes privés conséquent (plus de 500 à Sumatra Sud).

¹⁶ La seule technique fiable actuellement utilisée est celle mise au point par le Cirad et qui consiste à vérifier la conformité clonale par l'utilisation de l'électrophorèse. Malgré une méthodologie applicable avec un laboratoire portable, cette technique lourde et relativement onéreuse ne peut être économiquement utilisée que pour la vérification des jardins à bois de collection ou de premier niveau. Elle n'est pas directement utilisable par le pépiniériste ou le paysan acheteur de plants.

dangereuse. En effet, si la productivité du travail peut être facilement augmentée par la diminution de la fréquence de saignée, il serait logique pour le petit planteur de penser qu'il peut ainsi également augmenter sa production par l'usage immodéré du produit stimulant. Cette hypothèse, pouvant aboutir à une destruction rapide des arbres, a empêché jusqu'à ce jour la diffusion de cette technique. En Indonésie, les services officiels considèrent traditionnellement que le petit planteur ne peut pas gérer correctement cette innovation.

Ces méthodes de saignée à fréquence réduite sont introduites avec succès depuis plusieurs années en Malaisie au FELCRA (Federal Land Consolidation and Rehabilitation Authority) et au RISDA (Rubber Industry Smallholders Development Authority), sous la pression d'un coût d'opportunité du travail devenu trop cher¹⁴ pour conserver la saignée classique tous les deux jours également pratiquée en Indonésie.

Le projet SRAP a donc décidé d'introduire, en 1999, ces techniques de fréquence réduite des saignées à Kalimantan, sur un échantillon réduit de 30 planteurs ayant déjà participé aux essais RAS. L'objectif est clairement de montrer la possibilité d'utiliser cette méthode avec une bonne information technique à des paysans avertis et habitués à une expérimentation de type participatif. Cette innovation s'inscrit dans une stratégie d'économie du travail au sein des exploitations. On estime que le petit planteur est capable de gérer ce type d'innovation apparemment complexe, voire délicate.

Les contraintes à l'adoption des clones

Le clone reste donc l'innovation majeure, en système de monoculture comme en RAS. Dans les deux cas, les contraintes de l'adoption des clones par les planteurs sont multiples :

- la productivité du travail est primordiale. Elle est nulle pendant la période immature, d'où la nécessité de limiter le travail pendant cette période non productive ;
- les projets n'ont pas suffisamment touché les planteurs ;
- le secteur des pépinières privées est encore embryonnaire dans de nombreuses provinces bien que sa forte expansion soit soutenue par une très forte demande¹⁵ ;
- aucun suivi de la qualité et des plants n'est mis en œuvre tant dans les services de vulgarisation que dans le secteur privé. Par conséquent, de nombreux clones ne sont pas adaptés, ou tout simplement ne sont pas des clones. En effet, il n'existe

pas de technique simple ou visuelle de détection d'un clone ou de garantie clonale pour un matériel greffé¹⁶ ;

- les recommandations clonales ne sont pas fondées sur des expérimentations de terrain ;
- l'information technique est de faible qualité pour la monoculture et quasi nulle pour les autres systèmes ;
- en l'absence d'information précise, les petits planteurs hésitent à investir dans des innovations dont ils ne peuvent estimer les risques, et surtout les besoins en termes de facteurs de production ;
- le poids de la communauté dans le processus de décision individuelle n'est pas négligeable ;
- si le capital n'est pas toujours le facteur primordial, il rentre en ligne de compte, en particulier pour les planteurs qui n'ont pas accès aux projets et dont les plantations sont vieillissantes (cas des dayaks à Kalimantan Ouest). Les enquêtes menées en 1997 et 1998 ont clairement montré (Courbet *et al.*, 1997) que si l'investissement est possible pour les planteurs ayant déjà eu accès à des plantations clonales par le biais des projets, il reste très limité pour les planteurs traditionnels, surtout pour les planteurs dayaks.

Conclusion

Les politiques de développement de la filière de l'hévéa ont été soit très fragmentaires, soit paradoxales, soit, à partir des années 80, plus efficaces en raison de la meilleure qualité des projets et de leur mise en œuvre (SRDP/TCSDP, NES), même si leur efficacité peut être jugée relative. En effet, il conviendrait de juger de ces actions, non pas seulement sur le plan de la technique hévéicole pure, mais plutôt en termes de systèmes d'exploitations. Levang (1984) a ainsi montré que le projet NES de Baturanta (Sumatra Sud), un projet qualifié d'échec sur le plan spécifiquement hévéicole, a en fait induit un certain nombre d'innovations qui ont été bénéfiques au développement local sur un plan plus global. Il est clair que ces projets ont servi de « parcelles de démonstration » à large échelle pour un grand nombre de producteurs dans certaines provinces. Ils ont directement, mais aussi indirectement, largement contribué à la diffusion d'innovations externes et ont montré l'intérêt de l'emploi du matériel végétal clonal pour les nouvelles plantations.

L'exploitation relativement extensive des *jungle rubber* constitue encore le modèle dominant, avec une stratégie de replantation centrée sur l'usage des clones, soit en copiant le modèle dominant, la monoculture, soit en l'adaptant, soit via des modèles plus ou moins agroforestiers — dont les RAS qui s'inspirent directement de l'observation de certaines pratiques chez des paysans en nombre limité mais très innovants. Les enquêtes montrent que de nombreux planteurs manquent d'informations techniques suffisantes sur les différents systèmes de culture possibles. Les services de vulgarisation n'ont favorisé que la monoculture stricte. Les petits planteurs ont plutôt tendance à suivre ce modèle dominant de replantation — monoculture avec cultures intercalaires pendant les 2 ou 3 premières années — afin de limiter les risques liés au mode de culture. Quand ils estiment que les plants clonaux ont atteint une taille suffisante pour ne plus mettre en danger le devenir de la plantation, il est alors possible de voir réapparaître cer-

taines stratégies agroforestières, en particulier la réintroduction d'arbres associés en intercalaire. La disponibilité récente et toujours limitée des clones n'a pas permis à un nombre suffisant de planteurs d'expérimenter avec assez de recul toutes les options agroforestières permises avec ce type de matériel végétal.

Devant cette forte demande de clones, le secteur privé des pépiniéristes a explosé dans certaines provinces ou est en phase de démarrage dans d'autres, marquant par là non seulement l'intérêt des petits planteurs pour ce type de matériel végétal, mais aussi le fait que le capital d'investissement nécessaire n'est pas toujours la contrainte majeure.

La révolution verte pour les cultures vivrières, le riz principalement, a été une réussite globale et est toujours une priorité nationale. L'autosuffisance alimentaire, depuis 1985, et la priorité accordée au riz irrigué n'ont pas laissé de moyens suffisants pour le développement « complet » de la filière hévéicole à partir des projets,

c'est-à-dire pour la couverture, à terme, des trois millions d'hectares à replanter avec des clones. Depuis le début des années 80, malgré une évidente volonté de soutenir un secteur important dégageant des devises, on peut globalement penser que la politique générale est toujours celle du « laisser-faire » quand tout va bien. Il n'y a apparemment pas de crise de production ni de replantation en hévéaculture, si ce n'est un taux de replantation plutôt faible par rapport à celui des pays voisins.

La même remarque peut s'appliquer au récent développement du palmier à huile. Il n'y a pas eu de « révolution verte des cultures pérennes », et de l'hévéa en particulier. La modernisation des plantations est restée encore très limitée aux projets. Mais les conditions d'un nouveau boom sont réunies : nécessité d'augmenter la productivité dans un contexte économique global en évolution — y compris avec la crise économique de 1997-1999 —, développement du matériel végétal clonal, acceptation des systèmes agroforestiers par les institutions.

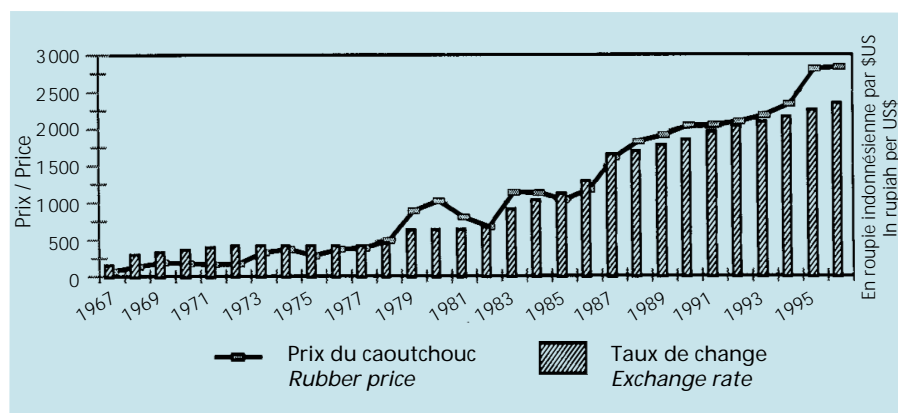


Figure 3. Prix du caoutchouc naturel de 1967 à 1995, à Kuala Lumpur, Malaisie, (en roupies indonésiennes courantes)
Natural rubber prices from 1967 to 1995, in Kuala Lumpur, Malaysia (in current Indonesian rupiahs)

Bibliographie / References

La première « révolution » du système de culture qui consiste à adopter des variétés améliorées (les clones) n'a pas encore été faite pour plus de 85 % des plantations d'Indonésie. Elle est cependant en marche et suit une voie apparemment chaotique où transparait d'une part, une volonté politique des pouvoirs publics de « contrôler » sans en avoir les moyens, d'autre part, un secteur privé en pleine expansion, les pépiniéristes, qui compense et complète les efforts très limités du gouvernement.

Il n'y a pas eu de politique d'aide à très large échelle comme en Malaisie ou en Thaïlande, ni de politique de subvention à large échelle, comme les programmes INMAS ou BIMAS (programmes de crédits et de fourniture d'intrants pour la riziculture irriguée) de la révolution verte pour le riz, ou de politique de substitution, comme au Brésil pour certains produits. La politique des prix a été fluctuante mais reste, depuis les 30 dernières années, toujours en faveur de la plantation et de la replantation continue de l'hévéa (figure 3).

Les différentes politiques de développement de la filière ont toujours été fondées sur la monoculture. Le paquet technologique « monoculture » est efficace et facile à vulgariser à large échelle. Cependant il ne tient pas compte des particularités locales et reste cher. En Indonésie,

l'approche traditionnelle très technocratique et hiérarchisée des services de vulgarisation a masqué pendant des années un fait pourtant établi et reconnu par les responsables locaux : l'hévéaculture indonésienne paysannale reste à 85 % une hévéaculture agroforestière à faible productivité.

Les avantages de l'agroforesterie, tant comme ensemble de pratiques agronomiques que sur les plans de la conservation de l'environnement et de la biodiversité, sont évidents et maintenant reconnus. Une intégration des savoirs locaux et des innovations externes restait à faire, ou du moins à optimiser. C'est ce qu'a permis l'expérimentation des systèmes agroforestiers à base de clones : les RAS. Les conditions d'un changement technique sont favorables pour les raisons suivantes : choix entre plusieurs systèmes de culture en fonction des stratégies, disponibilité des clones même si elle reste limitée, meilleure ouverture des institutions aux systèmes autres que la monoculture, marché toujours demandeur de caoutchouc. Les implications, en termes de changement social, pour les modes d'organisation de la production, la structuration très partielle des producteurs et la répartition des revenus en fonction des nouvelles opportunités (activités extérieures, culture du palmier à

huile et de l'*Acacia mangium*...) restent à étudier. ■

History of technical innovations in rubber growing and farmer dynamics in Indonesia

Penot E.

CIRAD-TERA, BP 5035, 34032 Montpellier Cedex 1, France

Rubber growing in Indonesia has developed substantially through rubber agroforestry systems, and through monoculture-based projects since the 1970s. The 1990s have seen the widespread adoption of agroforestry practices and research on clone-based agroforestry systems, which could favour large-scale clone use.

Rubber was initially introduced into Southeast Asia to develop an economic activity in the British and Dutch colonies, centring on a product for which there was strong industrial demand. The first plantations to be set up, using non-selected planting material, were estates, but local farmers were quick to see the opportunities offered by rubber, which could easily be included in their traditional shifting systems. Jungle rubber boomed, and overtook the area represented by estates in the mid-1930s.

As Van Gelder pointed out as early as 1950, no other crops introduced into Indonesia had such an economic impact on farmers' lives as rubber.

An ongoing planting programme began and has not stopped since. Moreover, rubber development has constantly been supported by technical innovations.

Origin of the planting material introduced into Southeast Asia

In 1855, Thomas Hancock (Dijkman, 1951) was the first to suggest planting rubber in the East so as to widen the range of sources, as production was centred on the tapping of trees in the Amazonian forests by *seringueiros*, a very poor, exploited body of rubber collectors.

The British, who dominated world trade at the time, were keen to secure rubber production sources on a strategic level and to ensure economic development in South and Southeast Asia, which primarily comprised British colonies, by setting up plantations. Several unsuccessful attempts were made in the second half of the 19th century to send seeds to Asia and to transplant seedlings. There were shipments to Indonesia in 1891, 1896, 1898 (via Paris), 1913 (Cramer collection) and 1915, but none of the trees was propagated as production proved to be very poor (Wysherey, 1968).

In 1876, Henry Wickham, a British explorer living in Brazil, chartered a ship to take 70 000 seeds to Britain for germination in a nursery. In the following year, the remaining 2 397 plants obtained from the Wickham collection, of which only 3.4% of the seeds germinated, were sent

from Kew (United Kingdom) to Asia (Sri Lanka, Malaysia), with 18 being sent on to the Bogor botanical garden (Indonesia), arriving on 16th October 1876. By 1898, the plants were mature and produced seeds that were replanted, given away or sold. Apparently, only two of them survived (Ferrand, 1944), and were the origin of the estates set up around Bogor, on the island of Java, but not of those in Sumatra and Kalimantan, which primarily used plants imported from Malaysia in 1882¹ (33 plants from the Penang Wickham collection) and delivered to North Sumatra province, the home of the original Rubber Estate Belt. The strong links between Sumatra, Singapore and Malaysia, which have similar ecosystems, also enabled the rapid introduction of such trees throughout colonial Indonesia. The same goes for Kalimantan, which already had a long history of commercial links (Chinese traders) and spontaneous migration.

Lastly, 99% of the estates in Southeast Asia and Africa stem directly from the 22 surviving Asian plants introduced from the Wickham collection. Most current selected clones come from this genetically limited population that was nevertheless sufficient to generate a relatively broad, diversified range of trees. Some forty clones are currently widely used in estates.

For some 20 years, the private estate sector, supported by certain large national companies, was solely responsible for the introduction and development of rubber in Indonesia. The situation was the same in Malaysia, Vietnam, Cambodia and Sri Lanka.

In Thailand, however, there is no estate sector, and smallholders were solely responsible for rubber development, albeit somewhat later on.

At the same time, a leaf disease caused by a fungus, *Microcyclus ulei*, prevented the large scale development of estate rubber in South America, as there is no way of controlling the

¹ In 1891, the Dutch received material of uncertain origin from several sources, and there was a new shipment from Brazil in 1896, via Paris (1898). However, the plants were neither propagated nor planted.

disease in adult plantings². Rubber development in West Africa (Liberia, Côte d'Ivoire) and Central Africa (Nigeria, Cameroon) began in the 1950s, but Southeast Asia dominated rubber production then and continues to do so today.

Jungle rubber development

The first estate in Indonesia was set up in North Sumatra in 1902, followed by another in Java (Bogor) in 1904. Due to the growth of the automobile industry, rubber prices were so attractive that between 1909 and 1912 (Van Gelder, 1950) the Indonesian estate sector grew rapidly until rubber was the second largest crop in terms of the area planted, behind sugarcane³ (figure 1). Overall, rubber prices remained high until 1922.

Rubber rapidly became a very worthwhile opportunity for local smallholders, as it could easily be included, without making any major changes, in their existing shifting farming systems, at least to begin with (Dove, 1993).

In fact, the adoption of rubber by smallholders took the form of agroforestry (jungle rubber) systems, in which rubber was left to compete with secondary forest regrowth. The trees were opened and tapped 10 to 15 years after planting. At the same time, allowing secondary forest regrowth opened the way for certain economically worthwhile species: local fruit trees—durian (*Durio zibethinus*), rambutan (*Nephelium lappaceum*), duku (*Lansium*

² The efforts made by the private sector (including Ford) in the 1920s to 40s with a view to setting up large estates in Brazil were resounding failures. Brazilian research centres have since produced more or less tolerant clones, with a limited production potential (1 000-1 500 kg/ha/year), which can be used for limited rubber development in *Microcyclus* zones. There are also zones that have escaped *Microcyclus*.

³ In 1905, estates covered 1 338 ha, rising to 104 413 ha five years later: proof of the rapid development of rubber in response to very strong demand. By 1913, the area had doubled (200 278 ha), but it took another 12 years for it to double again (415 167 ha in 1925), before a new jump to over a million hectares by 1928. The area covered by smallholdings overtook that of estates as early as 1935. By 1997, the total area under rubber was 3.5 million hectares (DGE, 1996), of which 84% were smallholdings.

domesticum), jack fruit (*Artocarpus heterophyllus*), etc—, valuable timber trees, rattan and all the non-wood products traditionally gathered in forests by planters, particularly by the Dayaks in Kalimantan. Jungle rubber was set up without any inputs, with very little work (no upkeep during the immature period), at no cost and above all without any risks whatsoever. It was roughly as productive as the monoculture plantings of non-selected seedlings at the time, with yields of between 350 and 500 kg/ha/year of dry rubber.

Rubber was introduced into West Kalimantan by Dutch settlers in 1909 (Uljee, 1925 quoted by King, 1988), and then in the 1920s from Sarawak (northern, Malaysian part of Borneo) by Catholic missionaries⁴. However, seedlings had already been introduced earlier, in 1883, by Cantley, the Director of the Singapore botanical garden, to satisfy the curiosity shown by the "White Raja", Sir James Brooke, in the new crop (Coates, 1987). The Kalimantan plantings were primarily set up with seeds from Malaysia that also originated from the Wickham collection, which were introduced via Sarawak by missionaries for use by smallholders. The rubber seeds used in Sumatra came from Bogor and Penang. The first planting companies initially developed in North Sumatra, the birthplace of estate rubber in Indonesia. The rubber sector in Jambi and South Sumatra provinces was instigated by smallholders.

The same jungle rubber type system was thus developed by the Malay and Minangkabau groups in Jambi and West Sumatra respectively, and then by the Dayaks in Kalimantan. A continuous pioneer front developed and still exists on the edges of the traditional rubber development basins found on the plains surrounding the major rivers.

Estates were innovative: rubber was both a new crop and a new product. It spread rapidly as it was easy to grow and large quantities of non-selected material were available, since seeds could be collected from existing plantings free of charge.

The determining factors in the strong expansion of the smallholder sector, which is relatively common in the humid Tropics, were those associated with constantly changing pioneer fronts. There are three main preconditions for the development of a pioneer front: an unlimited area of virgin land (hence no costs), a source of immigrant labour (Java), and a "cropping opportunity", rubber, bolstered by a safe, reliable market. A fourth factor is also worth mentioning: the "forest rent" factor (Ruf, 1987),

which enables the establishment of a tree crop at the lowest possible cost and under ideal conditions.

The colonial authorities failed to grasp the importance of the smallholder sector until the smallholdings began to produce rubber and flood the market.

Agricultural policies in Indonesia and their effect on the rubber sector

The effects of the British production quota system between the two World Wars

In 1922, rubber prices fell after a boom period as the first estates matured. The British government passed the Rubber Restriction Enactment or Stevenson Plan in an attempt to restrict production so as to maintain reasonable prices, which in fact only directly concerned estates in British colonies. One of the main indirect consequences of the Stevenson Plan was to encourage the development of smallholdings, which were neither regulated nor targeted by the Plan, particularly outside the British production zone. The estates saw smallholders as rivals attempting to impose a limited export quota.

In practice, it would seem that smallholder production and area figures were considerably underestimated at the time (Bauer, 1948). The smallholder planting boom was apparently totally unaffected by the production restrictions imposed by the Plan. Prices subsequently rose as a result of strong demand from the automobile and transport sectors.

However, at the same time, the smallholder sector also grew rapidly in Southeast Asia, and other estates were set up in Southern Asia (India, Sri Lanka), Indochina and in Africa, in Liberia (Firestone). The Stevenson Plan was judged a failure and was abandoned in 1928. Nevertheless, it did succeed in indirectly ensuring the development of the smallholder sector and in favouring rubber development in the countries bordering on British Malaysia (Thailand, Indonesia, Cambodia and Vietnam).

Indonesian governmental rubber policy
Indonesian rubber policy from 1920 to 1950 was paradoxical: on the one hand, smallholders were seen as rivals for the colonial estates, and on the other, a more "humanistic", rather anti-colonial line of thought had the government involved in supplying planters with seedlings or inputs through very local, small-scale operations (Gouyon, 1995). Dove (1983) put forward the tempting hypothesis of a "policy of ignorance", under which a major part of the rubber sector—smallholdings—was left to its own

devices and developed without any outside help, particularly from the government.

Governmental intervention, both colonial and after full independence in 1949, was extremely limited and had no significant effects until the start of the 1970s.

In 1925, rubber represented a third of Indonesian exports. By 1936, the area under rubber in Indonesia was 1 357 427 ha, and by the Second World War, the country was producing some 400 000 to 500 000 t per year⁵. By 1997, the area was up to 3.5 Mha and production to 1.6 Mt. Until then, Indonesia had been the world's second largest producer of rubber after Thailand, and rubber is still the country's second largest non-petroleum export after wood products.

Prices fluctuate wildly, but production and areas have increased steadily ever since rubber's introduction into Asia (figure 2).

The advent of synthetic rubber during the Second World War

The Second World War cut off Europe and the United States from their sources of supply in Asia, contributing to the development of the synthetic rubber industry. Due to its use in the transport sector and particularly in aviation, the new "strike force" in the war, rubber became a highly strategic product. The United States tried to overcome the rubber shortage by developing guayule⁶ plantations in Mexico and the southern States (over 40 000 ha were planted from 1942 onwards), but this proved to be a drop in the ocean in relation to industrial requirements.

This new industry remained the main threat to natural rubber after the War, and it took several years for natural rubber production to pick up again. Output from estates took until 1952-1954 to reach its pre-War level, but Indonesian smallholder production rocketed due to strong structural demand⁷. At the same time, cyclical crises resulted in often substantial price fluctuations, but apparently without any effect on long-term planting patterns.

⁵ By 1940, there were 642 803 ha in the estate sector and 714 624 ha of smallholdings (53%). Assuming a workforce of 0.7 worker/ha on estates and 0.5 worker/ha on smallholdings, over a million people work in rubber plantations. If each worker feeds a family of five, over five million people are directly dependent on rubber growing. The sector was considered to sustain over 10 million people in 1995.

⁶ Guayule is a latex-bearing plant, *Parthenium argentatum*, which grows in arid or Sahelian type climates.

⁷ Natural rubber has heat resistance properties that its synthetic rival cannot match. As a result, the tyre market, which calls for heat- and shock-resistant rubbers, consumes almost 70% of the natural rubber produced. The continuous development of the transport sector since the 1950s has thus maintained strong demand.

⁴ Rubber was also introduced into Sarawak in 1882 (Tree-mer, 1964, quoted by Dove, 1993).

The post-war period: priority to food self-sufficiency

It is important to recall that the post-war period in Indonesia during both the Sukarno period (1949-1966) and the first part of the Suharto period (1965-1970), did not see any major national development policy including rubber rehabilitation or replanting, as was the case in Malaysia and Thailand. In fact, for domestic policy reasons⁸, the latter two countries opted to protect planters' land rights and provide very large-scale technical assistance, particularly by supplying clonal planting material.

Malaysia and Thailand launched national replanting projects⁹ to convert almost all the initial jungle rubber to clonal monocultures (with over 80% smallholdings). Indonesia did nothing of the sort, as it did not have any guerilla wars to threaten its internal social balance¹⁰, except for a halfhearted war with Malaysia (the Konfrontasi) which did not turn into a guerilla conflict. The period from 1945 to 1949 saw a limited fight for independence, and 1949-1965 the "Sukarno period", the gradual disintegration of the Indonesian economy. In effect, by 1965, over 50% of the population was below the poverty line and Indonesia's isolation, which Sukarno deliberately set out to achieve, led to the drying up of the Western investment the country needed for its industrial and economic expansion.

The Indonesian government's intervention in the sector in the 1950s amounted to the creation of a para-fiscal replanting fund¹¹, which was founded in 1948 but did not come into effect

until 1951, and of a smallholder planting department aimed at extension, in 1953 (*Jawatan Karet Rakyat*), which replaced the rubber bureau (*Kantor Karet*) set up in 1950 with next to no resources¹².

The failure of this policy apparently had long-lasting effects (Gouyon, 1995), and this type of practice, involving an export tax, has virtually been ruled out of the possible solutions for Indonesia. The most recent experiment, in West Kalimantan in 1993, by the PKR-GK project launched by GAPKINDO (the rubber sector professional organization) and implemented by DISBUN (plantation extension service) was a failure.

In the end, it was a total credit policy that was used in the 1980s, funded by the World Bank or the Asian Development Bank.

Since 1966, priority has clearly been given to food self-sufficiency, and the green revolution can be considered to have been a success in Indonesia. However, it devoted all the available resources to irrigated rice until 1984. Table 1 summarizes Indonesian government interventions in the rubber sector and planter reactions.

Optimization of jungle rubber: the limitations of innovation from within

Jungle rubber systems or "rubber forests" (the literal translation of the Indonesian term *Hutan Karet*) are complex agroforestry systems (De Foresta, 1992b) in which rubber is the main source of income. A complex agroforest is a multistrata type planting containing several species (for instance rubber, fruit trees, timber trees, rattan, palms, etc), similar in appearance and ecological performance to secondary forest. Agroforests generally contain a main species (rubber, "damar" or *Shorea javanica*, "tengkawang" or illipe nut).

Rubber agroforests have a life span of 30 to 40 years. The other associated trees are primarily fruit and timber species and rattan. The establishment of jungle rubber was gradually integrated into traditional systems based on gathering, agroforestry or shifting agriculture (upland rice after slashing and burning) without overly disrupting the existing system.

Rubber agroforests began as tree fallow enriched with rubber. By optimizing the system through a series of innovations from within, the improved fallow was turned into a veritable cropping system centring on rubber. A certain number of technical innovations implemented in stages between the 1940s and the 1970s made it

possible to optimize the rubber component of the agroforest:

- the use of clonal seeds rather than the traditional non-selected seeds, as clonal plantings developed from the 1930s onwards (particularly GT 1, the most widely used clone in both private and state-owned estates). Yields increased from 300-350 to 500 kg/ha/year;
- planting nursery plants (non-rooted 12 or 18-month-old plants) and young seedlings taken from agroforest regrowth, to keep losses to a minimum and optimize the number of plants per hectare;
- planting in rows at planting densities of between 500 and 1 000 trees/ha to optimize latex collection, from the early 1970s onwards. As planting began to be done in rows using seedlings rather than seeds, the density gradually fell to between 500 and 750 trees/ha;
- the adoption of partial clearing once a year during the immature period to remove some of the competition from forest species, so as to shorten the immature period, and improved selection of economically worthwhile trees from the 1970s-80s onwards by partially eliminating unproductive species;
- the development of intercropping for the first two or three years to draw maximum benefit from the work done during the immature period, produce food crops for family consumption or make optimum use of limited land resources. Moreover, intercrops have another interesting side-effect: they ensure good rubber tree growth. Although the technique is very old, it did not come into its own in monoculture systems until the late 1980s;
- the use of glyphosate (Roundup), a very effective herbicide against *Imperata cylindrica*, in the first year and sometimes in small quantities along the rubber row to control the development of the weed, since the early 1990s. Although the innovation in itself was drawn from outside the system, its spontaneous use on a large scale outside the project area, without the extension services providing technical information beforehand, can be seen as an innovation from within.

It was also seen that from the 1980s onwards, amongst planters who had access to the monoculture technique through projects, some reintroduced tree intercrops—between 150 and 300 timber and fruit trees per hectare, for instance in the village of Sanjan, West Kalimantan (Schueller *et al.*, 1997)—, eventually recreating complex agroforests. Innovation is thus not the exclusive preserve of jungle rubber planters, but can also come from planters working under projects, particularly the SRDP (Smallholder Rubber Development Project) and TCSDP (Tree Crop Smallholder Development

⁸ In the 1950s and 60s, these two countries were involved in a major communist type guerilla war (in which the Chinese diaspora played a significant part, particularly in Malaysia). It was thus crucial for these countries to have a development policy enabling a significant increase in income, so as to turn the local population away from the guerilla cause.

⁹ ORRAF (Office of the Rubber Replanting Aid Fund) in Thailand, RISDA (Rubber Industries Smallholder Development Authority), FELDA (Federal Land Development Authority) and FELCRA (Federal Land Rehabilitation Authority) in Malaysia.

¹⁰ There was one notable exception, however, with the tentative war between Malaysia and Indonesia, the "Konfrontasi", between 1963 and 1966, during which most of the fighting took place in West Kalimantan. This situation led to the enforced departure of all the Indonesians of Chinese origin from the centre of the province to the coast. However, it did not create any social conflict between ethnic groups, since the Malays (and now the Chinese) are on the coast, while the Dayaks, the island's original inhabitants, are further inland.

¹¹ The tax is 1.25% of the export price, in addition to a 5% general tax, only 60% of which goes to the replanting fund. In 1953, an association (yayasan karet rakyat) was set up to coordinate fund management. The foundation operates on the basis of loans repayable within three years (for a minimum area of 3 ha), and has only enabled the planting of 6 000 ha. It is thus a drop in the ocean in relation to requirements, which total over 2 Mha, and questions have been raised as to its use (numerous cases of fraud and corruption).

¹² One supervisor for 5 000 planters, ie 570 employees, 170 of them in the field, for 800 000 farms. The planting material budget amounts to 3 to 6 rupiahs, ie two budded plants, per planter (Gouyon, 1995).

Project), which work with local planters, albeit only small numbers of them. In effect, such a trend has not been seen with transmigrant Javanese planters (Nucleus Estate Scheme, NES) (Chambon, pers. comm.).

The following hypothesis has been put forward to explain these differences in smallholder strategy:

- the local populations are more interested in agroforestry techniques;
- the Javanese transmigrants are more interested in intensification and monoculture.

However, this hypothesis has not been fully proved. In any event, agroforestry techniques have been adopted by populations that are both very different and very geographically distant, insofar as they enable the setting up of low-risk tree crop-based systems requiring few inputs and little labour.

The “production of technical innovations from within” by local populations involved in jungle rubber systems reached a peak in the 1980s. From then on, innovations had to be brought in from outside to ensure better productivity (yields and work efficiency) and make the crop more competitive, particularly in relation to new crops such as oil palm.

These exogenous technical innovations were drawn from “monoculture” type systems and concerned:

- the use of improved planting material—clones—, with three times the production potential of the local material used previously for jungle rubber, and of fast-growing planting material selected in the nursery for its vigour;
- the use of fertilizers for the first three years to encourage growth and cut the immature period to five or six years depending on the clone, rather than ten to 15 years for jungle rubber, although this duration is primarily due to competition with forest regrowth;
- the use of herbicides (glyphosate) to increase work efficiency and the efficacy of rational, regular weeding along the planting row for the first three years, to replace or in addition to manual weeding, which is largely ineffective against *Imperata cylindrica*;
- planting methods using polybag plants with one whorl (three to four months old) , and planting at the start of the rainy season to ensure optimum growth in the first six months, particularly in agroforest systems.

In the history of agriculture, the use of improved varieties has played a major role and is often a precondition for any change in techniques. Using improved varieties means adopting related technical innovations: fertilizers, soil tilling, weeding, phytosanitary treatments, etc. Improving jungle rubber means using improved planting material—clones—to ensure better productivity (of both labour and the soil). How-

ever, this innovation is highly capital-intensive, and moreover, it calls for prior technical information.

Historically, most of the technical research on rubber by research organizations or the leading private companies was conducted in order to improve the productivity of rubber grown as a monoculture. Until the 1980s, little or no research had really been done on the specific problems of smallholder rubber production and on agroforestry, except perhaps in Sri Lanka.

Clone introduction by monoculture: the 1970s-80s

Since the mid-1970s, the government has attempted to implement various sorts of rubber sector development projects, using methods adapted to suit local or transmigrant populations. All the projects have centred on complete technological packages (inputs, credit, information), and been strictly based on monoculture (rubber and cover crops). The prime element in the package is clones, and all the associated technical innovations are aimed at optimizing clone growth and production.

More recently, since 1990, certain regional projects with a partial approach (P2WK, PKT, etc) and only supplying inputs for the first year have taken over on very limited areas, and allow the use of intercrops. This was also the case with the TCSDP project in 1994. These projects are generally conducted by Dinas Perkebunan (the plantation extension service), using provincial or national funds from the Indonesian government. The projects as a whole concern 13% of smallholders. In all probability, under half of their plantings are viable or productive. The SRDP/TCSDP projects—for local populations—and NES—adapted to Javanese transmigrants—can be considered relatively successful. The conditions governing success or failure were described by Gouyon (1995) and Levang (1997). Table 2 traces the history of such projects.

The current tendency amongst planters in South Sumatra is to invest in clonal plantings, stop growing upland crops on cleared land and eventually buy all the rice the family needs¹³. The fact that the work required for rubber is more efficient and that land is increasingly rare, combined with the increasing specialization in rubber and the risks involved in non-irrigated annual crops, eventually led to a change in strategy.

Introduction of clones into agroforestry systems

Rubber Agroforestry Systems

Identifying efficient, ecologically sustainable rubber growing systems requiring moderate amounts of labour and inputs is a priority. Since the characterization of jungle rubber-based production systems (Gouyon, 1995), work has concentrated on the possibilities of improving jungle rubber productivity whilst maintaining its main advantages in terms of the environment, biodiversity and optimization of the capital and labour factors. Rubber Agroforestry Systems (RAS) were developed by the Smallholder Rubber Agroforestry Project (SRAP) based on integrating improved clones into systems using few inputs (Penot, 1994).

The main innovations involved in RAS during the immature or growth period are as follows:

- the use of improved planting material—clones—in an agroforestry context;
- the reconstitution of a complex agroforestry system by intercropping a certain number of trees with rubber, including slow- and fast-growing timber and fruit trees. Research is concentrating on the types of trees and opti-

¹³ Rice is produced more cheaply in Java and Bali, as a result of the clear advantages for irrigated rice in Java (successful green revolution) and for rubber in Sumatra and Kalimantan.

The Indonesian rubber development projects are as follows: ARP (Assisted Replanting Programme) and CGC (Group Coagulating Centre) in 1974, combined under the name PRPTE (Export Crops Rehabilitation Project or *Proyek Rehabilitasi dan Perluasan Tanaman Elspor*). This project was based on the PMU (Project Management Unit) concept, which was also adopted for the SRDP (Smallholder Rubber Development Project), and, from 1979 onwards, the NES (Nucleus Estate Scheme, or PIR in Indonesian) for transmigrants and the SRDP/TCSDP (Tree Crop Smallholder Development Project), the main two World Bank funded projects, for local farmers.

In fact, SRDP 1 (1980-1984), then SRDP 2 (1985-1989) were directly managed by the DGE (Directorate General of Estates), which also manages the PTP (*Perkebunan Tanaman Pemerintah*: state-owned plantations). After 1990, the TCSDP was managed by the DISBUN (*Disbun Perkebunan*: extension service), which is also part of the DGE. The TCSDP was due to be wound up in 1999.

In 1975, two precursors of PMU, the WSSDP (West Sumatra Smallholder Development Project) and the NSSDP (North Sumatra Smallholder Development Project), were launched in West and North Sumatra. They were analysed (Dillon, 1985) and the results partly used in establishing the NES concept. Following these two independent projects, it was decided to entrust PMU management to two state structures: the PTP for transmigrant NES and the DISBUN for the SRDP/TCSDP.

mum planting densities, with a view to minimizing competition. The intercropped trees are either forest regrowth or are planted deliberately, choosing the species and planting density;

- the introduction of minimum upkeep levels: chemical or manual weeding, or, better still, a combination of the two;
- the use of rational fertilization to stimulate rubber tree growth for the first three years (generally acknowledged to be the most critical stage) and maintain annual intercrop production levels;
- lastly, the use of a certain number of crop techniques involving cover crops and fast-growing shade trees with a view to minimizing competition from *Imperata cylindrica* and producing wood pulp.

A new innovation: reduced-frequency tapping

This technical innovation concerns the economic life span and exploitation of clones.

Smallholdings, be they clonal plantings or jungle rubber with non-selected planting material, are currently tapped in d/2, ie every other day. Using Ethrel-based stimulants means that the tapping frequency can be reduced and work efficiency increased whilst maintaining production levels. For instance, there is a 33% drop in labour requirements with d/3 and 50% with d/4, for a 0% and 10% drop in production respectively, with clonal material (Eschbach, pers. comm.).

This technical innovation is common in estates but is not widely used by Southeast Asian smallholders. The official extension services consider it dangerous, since if work efficiency can easily be increased by reducing tapping frequency, it would be logical for smallholders to assume that they can also increase production by using larger amounts of stimulant. This possibility, which can result in the rapid destruction of the trees, has so far prevented the dissemination of the technique. In Indonesia, the official services have traditionally considered that smallholders are incapable of handling this innovation correctly.

Reduced frequency tapping methods have been introduced successfully in Malaysia in recent years, at FELCRA (Federal Land Consolidation and Rehabilitation Authority) and RISDA (Rubber Industry Smallholders Development Authority), since the opportunity cost of labour became too high¹⁴ to continue tapping every other day like in Indonesia.

The SRAP thus decided to introduce reduced frequency tapping techniques in Kalimantan in 1999, on a limited sample of 30 planters who had already taken part in RAS trials. The aim is clearly to demonstrate the possibility of using this method providing effective technical information is given to experienced smallholders used to participative type trials. This innovation is part of an on-farm labour saving strategy, and the assumption is that smallholders are capable of handling this type of apparently complex, even tricky, type of innovation.

Constraints on the adoption of clones

Clones are thus the main innovation in both monoculture systems and RAS. In both cases, there are many constraints on the adoption of clones by growers:

- the return on the labour put in is crucial. It is nil during the immature period, hence the need to minimize the amount of work over this unproductive period;
- the projects set up have not involved enough planters (13%);
- the private nursery sector is still in its infancy in many provinces, although it is growing fast in response to very strong demand¹⁵;
- plant quality is not monitored by either the extension services or the private sector. As a result, numerous plants supplied as clones are unsuitable, or quite simply are not clones. In effect, there is no simple way of detecting a clone with the naked eye or of guaranteeing the clonal origin of budded material¹⁶;
- the clonal recommendations issued are not based on clone field trials;
- the technical information available is of poor quality for monoculture and virtually nonexistent for other systems;
- in the absence of accurate information, smallholders are reluctant to invest in innovations without being able to estimate the related risks, and above all the requirements in terms of production factors;
- the community view carries a substantial amount of weight in terms of individual decisions;
- although capital is not always the most important factor, it does influence decisions, particularly amongst planters without access to projects and with ageing plantations (for

instance the Dayaks in West Kalimantan). The surveys conducted in 1997 and 1998 clearly showed (Courbet *et al.*, 1997) that although investment was a possibility for planters which had already had access to clonal plantings through projects, it was much more difficult for traditional planters, particularly the Dayaks.

Conclusion

Rubber sector development policies have been either very fragmentary, or paradoxical, or, from the 1980s onwards, more effective due to the higher quality of the projects and their implementation (SRDP/TCSDP, NES), although their efficacy can still be seen as relative. In fact, these operations should be judged not only in terms of rubber growing alone, but in terms of farming systems. Levang (1984) showed that the Baturanta NES project (South Sumatra), a project seen as a failure on a specifically rubber growing level, in fact resulted in a certain number of innovations that benefited local development in a broader sense. It is clear that the projects served as large-scale "demonstration plots", for a large number of producers in some provinces. They directly, and also indirectly, substantially contributed towards the dissemination of external innovations and demonstrated the merits of using clonal planting material in new plantings.

Relatively extensive jungle rubber systems are still the norm, with a replanting strategy centring on the use of clones, either along the lines of the dominant model, monoculture, or an adaptation thereof, or through more or less agroforestry-based models—for instance RAS, which are directly inspired from observations of certain practices amongst farmers: the numbers involved are limited, but they are highly innovative. Surveys have shown that many planters lack sufficient technical information on the different cropping systems open to them. The extension services have only promoted strict monoculture. Smallholders tend to follow this predominant replanting model—monoculture with intercrops for the first two or three years—so as to limit the risks related to the cropping method. When they judge that the clonal plants are sufficiently developed for there not to be a threat to the future of the plantation, certain agroforestry strategies reappear, particularly the introduction of tree intercrops. The recent and as yet limited availability of clones has not enabled enough planters to test all the agroforestry options possible with this type of material for any length of time.

In response to the strong demand for clones, the private nursery sector grew dramatically in some provinces, and is gradually becoming established in others, proving not only the inter-

¹⁵ Only the provinces of North and South Sumatra have a well developed network of private nurseries (over 500 in South Sumatra).

¹⁶ The only reliable technique currently used is the one developed by CIRAD, consisting in checking clone conformity by electrophoresis. Although it can be done using a portable laboratory, this relatively complex, costly technique is only economically viable for testing collection budwood gardens. It cannot be used directly by nurserymen or smallholders buying plants.

¹⁴ Field labour costs, which can be seen as the opportunity cost in rural zones, in July 1997 (before the crisis) were US\$ 1.50/day in Indonesia, compared to US\$ 6-8 in Malaysia (and US\$ 4-6 in Thailand). By August 1999, they were US\$ 1 in Indonesia.

est in this type of planting material amongst smallholders, but also the fact that the investment required is not always the main constraint.

The green revolution for food crops, primarily rice, was an overall success, and is still a national priority. The food self-sufficiency achieved since 1985 and the priority given to irrigated rice have meant that there have not been sufficient resources to ensure "comprehensive" development of the rubber sector through projects, ie to eventually cover the three million hectares to be replanted with clones. Since the start of the 1980s, despite a clear intention to support a major currency-generating sector, the overall policy can be considered to have been one of "non-interference" provided things are running smoothly. There have apparently not been any rubber production or replanting crises, except that the replanting rate is rather low compared with neighbouring countries.

The same goes for the recent development of oil palm. There has not been a "tree crops green revolution", particularly as far as rubber is concerned. Plantation modernization is still largely restricted to projects. However, all the prerequisites for a new boom have now been satisfied: the need to increase productivity in a changing global economic context—including the effects of the 1997-1999 economic crisis—, the develop-

ment of clonal planting material, the acceptance of agroforestry systems by institutions.

The first "revolution" in the farming system, consisting in adopting improved varieties (clones) has not yet taken place at over 85% of the plantations in Indonesia. However, it is under way, and is apparently making somewhat chaotic progress against a backdrop on the one hand of a political will on the part of the authorities to "control" matters without having the necessary resources, and on the other hand of a rapidly expanding private sector, nursery owners, who bolster and complete the very limited efforts made by the government.

There have not been any very large-scale aid policies like those in Malaysia or Thailand, or any large-scale subsidies, like the Indonesian INMAS or BIMAS programmes (credit and input supply programmes for irrigated rice growing) that were part of the rice green revolution, or policies of substitution, like in Brazil for certain products. Price policy has varied, but over the past 30 years, has consistently favoured rubber planting and continuous replanting (figure 3).

The different sector development policies have always been based on monoculture. The "monoculture" technology package is effective and easy to implement on a large scale. However, it does not take account of local specificities

and is still expensive. In Indonesia, the traditional, highly technocratic and hierarchical approach taken by the extension services served for many years to disguise a fact that was nevertheless clearly established and recognised by the local authorities: 85% of Indonesian smallholder rubber is still produced in low-yielding agroforestry systems.

The advantages of agroforestry, both as a set of agricultural practices and in terms of environmental conservation and biodiversity, are now clear and widely recognised. However, local knowledge and external innovations had not previously been integrated into such systems, or at least optimized, which is what led to the trials of clone-based agroforestry systems: RAS. The conditions for technical change are favourable for the following reasons: the choice between several cropping systems depending on strategies, the availability of clones, albeit limited, the fact that institutions are now more open to systems other than monoculture, and consistently strong market demand for rubber. The implications in terms of social change for how production is organized, the very sketchy producer structure and income distribution as a result of new opportunities (external activities, oil palm and *Acacia mangium* growing, etc) have yet to be studied. ■

Résumé

Un historique des innovations techniques dans l'hévéaculture indonésienne est présenté à partir de trois grandes périodes : au début du siècle, l'introduction de l'hévéa et le développement des agroforêts à hévéa (*jungle rubber*) par les petits planteurs, à partir des années 70, la réalisation de projets de développement sur la base de la monoculture, et à partir de 1990, l'adaptation des systèmes culturels. Ces nouveaux modes de culture combinent des pratiques culturelles agroforestières et des éléments issus de la monoculture, notamment le développement de nouvelles stratégies paysannes incorporant certains des thèmes techniques plus intensifs diffusés à partir des projets de développement des plantations en monoculture. Les dynamiques paysannes sur l'élaboration ou l'adoption des innovations techniques sont également rappelées.

Abstract

The history of the technical innovations seen in Indonesian rubber growing is traced through three main periods: at the turn of the century, the introduction of rubber and the development of rubber agroforests (*jungle rubber*) by smallholders, from the 1970s onwards, the implementation of monoculture-based development projects, and from 1980 onwards, the adaptation of cropping systems. These new systems combine agroforestry practices and elements taken from monoculture, particularly the development of new smallholder strategies incorporating some of the more intensive technical packages disseminated via projects aimed at developing monoculture plantations. Smallholder involvement in the development or adoption of technical innovations is also discussed.